

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Prof. Dr. med. dent. Hans LENZ) des Instituts für
Klinisch-Theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des
Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN ZÄHNEN
MIT DEM KLINISCHEN BILD EINER ZEMENTKARIES

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bärbel Kräling, geb. Behling
aus Dahle/Altena

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Prof. Dr. med. dent. Hans LENZ) des Instituts für
Klinisch-Theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des
Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN ZÄHNEN
MIT DEM KLINISCHEN BILD EINER ZEMENTKARIES

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bärbel Kräling, geb. Behling
aus Dahle/Altena

Referent: Professor Dr. Hans Lenz

Korreferent: Professor Dr. Hans-Joachim Merker



Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am:

9. FEB. 1973

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	3
2.1. Das Faserzement im lichtmikro- skopischen Bild	5
2.2. Das Osteozement im lichtmikro- skopischen Bild	6
2.3. Die Zement-Dentin-Grenze im licht- mikroskopischen Bild	8
2.4. Zementkaries im lichtmikroskopischen Bild	9
2.4.1. Initialphase der Zementkaries	10
2.4.2. Verlauf der Karies im Faserzement	11
2.4.3. Verlauf der Karies im Osteozement	13
2.5. Zement im elektronenmikroskopischen Bild	15
2.5.1. Faserzement im elektronenmikro- skopischen Bild	15
2.5.2. Osteozement im elektronenmikroskopi- schen Bild	17
2.5.3. Die Zement-Dentin-Grenze im elektronenmikroskopischen Bild	18
3. MATERIAL UND METHODE	20
3.1. Material	20
3.2. Methode	20
4. ERGEBNISSE	23
4.1. Abbildungen	29
5. DISKUSSION	45
6. ZUSAMMENFASSUNG	52
7. LITERATURVERZEICHNIS	54

1. EINLEITUNG

Obwohl alle drei Zahnhartsubstanzen von der Karies betroffen werden, hat sich das Interesse der wissenschaftlichen Zahnheilkunde fast ausschließlich auf die Erforschung der Schmelz- und Dentinkaries konzentriert. Dies mag auf der einen Seite verständlich erscheinen, da man in praxi vorwiegend der Schmelz- bzw. Dentinkaries begegnet.

Bedenkt man jedoch, daß die Zementkaries besonders bei älteren Menschen im Front- und Seitenzahnbereich sehr häufig anzutreffen ist und viele Probleme bei der Behandlung aufwirft, so erscheint es dringend notwendig, auch der Zementkaries mehr Beachtung zu schenken.

Basierend auf den bisherigen lichtoptischen Kenntnissen von den Strukturen der Zahnhartsubstanzen, wonach man viele Ähnlichkeiten zwischen Zement und Dentin zu beobachten glaubte, deutete man den Verlauf der Zementkaries allgemein analog den bei der Dentinkaries beobachteten Vorgängen, obwohl genauere Darstellungen der an der Grenze des lichtmikroskopischen Auflösungsvermögens liegenden Feinstrukturen des Zementes nicht möglich waren.

In den letzten Jahren konnten durch elektronenmikroskopische Untersuchungen die Kenntnisse über die Ultrastruktur

tur des Schmelzes und des Dentins beträchtlich erweitert werden. Sie führten zu neuen Deutungen der Schmelz- bzw. Dentinkaries. Auch über die Ultrastrukturen des Zementes haben sich wesentlich neue Gesichtspunkte ergeben, die die bisherigen Deutungen des Verlaufs der Zementkaries in einem anderen Licht erscheinen lassen.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll es sein, ausgehend von den durch elektronenmikroskopische Untersuchungen am normalen Zement gewonnenen Kenntnissen den Verlauf der Zementkaries elektronenmikroskopisch darzustellen und zu diskutieren.

2. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Da die bisher aufgestellten Theorien über die Verlaufsformen der Zementkaries auf lichtmikroskopisch gewonnenen Kenntnissen des normalen Zementes basieren, sei hier eine kurze Übersicht über die verschiedenen Ansichten vom Aufbau des Zementes, wie sie sich aus lichtmikroskopischer Sicht ergeben, aufgeführt.

Das Zahnzement ist mesenchymaler Herkunft und besitzt von allen drei Zahnhartgeweben den größten prozentualen Anteil an organischer Substanz. In älteren Literaturstellen wird es auch als Substantia ossea dentis bezeichnet. Bei MEYER (1932), SCHERBEL und SCHOENLANK (1922) heißt es, daß das Zement seinem Aufbau nach dem Faserknochen entspricht und nur den Verhältnissen entsprechend modifiziert ist.

Die allgemeinen Vorstellungen gehen dahin, daß das Zement aus einer Grund- oder Kittsubstanz besteht, welche die Trägerin der Kalksalze ist. Eingebettet in diese Grundsubstanz sind kollagene Fibrillen und die Sharpey'schen Fasern (MEYER, 1932). Es wird die Unterteilung in zellfreies oder Faserzement und zellhaltiges oder Osteozement gemacht. Ferner wird unterteilt in primäres und sekundäres Zement. Hierbei ist das primäre stets das zellfreie und das sekundäre stets das zellhaltige Zement, welches

nach WANNENMACHER (1968) erst in der Gebrauchsperiode
gebildet werden soll.

2.1. Das Faserzement im lichtmikroskopischen Bild

Das Faserzement liegt dem gesamten Wurzelknochen auf. Dabei kommt es meist in einschichtiger, aber auch in mehrschichtigen Lagen vor (DEWEY, 1926). In die Zementgrundsubstanz sind als charakteristische Bauelemente feine kollagene Fibrillen und die Sharpey'schen Fasern eingebaut. Die Sharpey'schen Fasern, über deren Verkalkungsgrad verschiedene Aussagen gemacht werden, sollen fast senkrecht zur Wurzeloberfläche verlaufen. Im Gegensatz dazu sollen die kollagenen Fibrillen parallel zur Wurzeloberfläche gelagert sein und so die Sharpey'schen Fasern kreuzen (MEYER, 1932, WANNENMACHER, 1968). Eine andere Auffassung über die Sharpey'schen Fasern geht dahin, daß sie sich aus zwei Anteilen zusammensetzen. So soll der eine Teil, welcher als genuine Sharpey'sche Faser angesehen wird, aus dem Zement, der andere Teil aus der Alveolarwand stammen (DEWEY, 1926).

MEYER (1932) und in neuerer Veröffentlichung auch FISCHER (1972) behaupten, daß im zellfreien Zement die Sharpey'schen Fasern in Kanäle eingebettet sind und senkrecht zur Wurzeloberfläche verlaufen, "ähnlich wie die Dentinkanälchen mit ihren Odontoblastenfortsätzen". Auch LORBER (1951) spricht in seinen Untersuchungen über histochemische Reaktionen des Zementes davon, daß die Sharpey'schen Fasern in Kanäle eingebettet sind, welche an der Peripherie des Zementes oder des Alveolarknochens liegen.

2.2. Das Osteozement im lichtmikroskopischen Bild

Im apikalen Wurzeldrittel wird das zellfreie vom zellhaltigen Zement überlagert. Das zellhaltige, dickere sekundäre Zement liegt lamellenförmig in mehreren Lagen auf. Besonders starke Lamellenschichten sind in den Bifurkationen mehrwurzeliger Zähne anzutreffen. Nach SHAMAMINE (1910) besteht eine starke strukturelle Ähnlichkeit zwischen dem zellhaltigen Zement und dem Knochen. Er bezeichnet das Osteozement als Zementhyperplasie.

Das Osteozement besitzt alle Strukturen, die schon im Faserzement beschrieben wurden, kennzeichnet sich aber durch die in der Grundsubstanz liegenden Zellen. Diese Zementzellen liegen in Zementhöhlen und haben feine Fortsätze, die zur Wurzeloberfläche hin angeordnet sind. Die Fortsätze der Zementzellen liegen in Kanälen, welche sowohl untereinander als auch mit dem Periodontium anastomosieren sollen (MEYER, 1932). SCHERBEL und SCHOENLANK (1922) behaupten sogar, daß durch die Zellfortsätze der Zementzellen nicht nur die Zementzellen unter sich, sondern auch die Zementzellen und der Inhalt der Dentinkanälchen miteinander in Verbindung stehen. DEWEY (1926) dagegen konnte keine Kommunikation dieser Kanäle mit den Interlobularräumen und den Dentinkanälchen beobachten. HELD (1951) sieht im gesamten Osteozement eine kanalikuläre Struktur, die in der Apexregion besonders ausgeprägt sein soll.

Inwieweit die Zementoberfläche durch die Funktion, d.h. in der Gebrauchsperiode, gestaltet wird, wird unterschiedlich beurteilt. FALLER (1959) ist der Ansicht, daß die Eigenfaserung des Zementes unabhängig von der Beanspruchung angelegt ist, durch sie jedoch ihre endgültige Orientierung erhält. Einstrahlende Sharpey'sche Fasern sollen nur durch den Reiz einer funktionellen Belastung gebildet werden. KEENAN (1967) dagegen wies im Tierversuch einige Sharpey'sche Fasern nach, die sich auch ohne den Reiz einer funktionellen Belastung ausgebildet hatten.

2.3. Die Zement-Dentin-Grenze im lichtmikroskopischen Bild

Über die Zement-Dentin-Grenze, bzw. Zement-Dentin-Verbindung, bestehen widersprüchliche Aussagen. Nach WANNENMACHER (1968) ist die Zement-Dentin-Grenze besonders reich an organischer Substanz. In den meisten Lehrbüchern wird nur von einer "Aneinanderlagerung" von Dentin und Zement gesprochen (BAUER, 1927 und WANNENMACHER, 1968). Nach HELD (1951) soll die Zement-Dentin-Grenze zum Apex hin nicht mehr zu erkennen sein. Er glaubt, lediglich Verbindungen der Zementzellfortsätze mit den Dentinkanälchen beobachten zu können.

Dies ist, ohne näher auf die vielfältigen und unterschiedlichen Betrachtungen und Interpretationen einzelner Komponenten des Zementes - wie z.B. Faserverlauf und -richtung oder Verkalkungsgrad - näher einzugehen, das generelle Bild des Zementes, welches anhand lichtmikroskopischer Untersuchungen beschrieben wurde. Hierauf basieren die im folgenden geschilderten Ansichten über den Verlauf der Karies im Zement.

2.4. Zementkaries im lichtmikroskopischen Bild

Generell wird der Zementkaries in der Literatur wenig Beachtung geschenkt. Eine Systematisierung des Verlaufs einer Zementkaries, wie sie für die Schmelz- und Dentinkaries mannigfach gemacht wurde, läßt sich nicht finden. Vielmehr wird auf prinzipielle strukturelle Ähnlichkeiten - wie das Vorkommen von Kanälen - von Dentin und Zement hingewiesen und daraus auf einen ähnlichen Verlauf der Karies in beiden Geweben geschlossen (MEYER, 1932; FISCHER, 1972). Deshalb sei zunächst kurz auf ein bekanntes Schema des Verlaufs der Dentinkaries verwiesen, um später die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Dentin- und Zementkaries besser verständlich zu machen. FURRER (1922) charakterisierte den Ablauf einer Dentinkaries durch Einteilung in folgende Zonen:

- a) Zone der inneren Trübung
- b) Zone der Transparenz
- c) Zone der Entkalkung
- d) Zone der Erweichung
- e) Zone der Auflösung

Diese Einteilung wurde von vielen Autoren übernommen, wobei stets darauf hingewiesen wird, daß diese Zonen fließende Übergänge zeigen können.

2.4.1. Initialphase der Zementkaries

Über die initiale Phase einer an der Zementoberfläche beginnenden Karies bestehen bei den meisten Autoren übereinstimmende Ansichten (MEYER, 1951; HARNDT, 1955; WANNENMACHER, 1968, et al.). Voraussetzung ist immer, daß Teile der Wurzeloberfläche freiliegen. Dieser Zustand kann sich durch altersbedingte regressive Veränderungen des Gingivaansatzes ergeben. Ebenso kann das Freiliegen von Teilen der Wurzeloberfläche aus einer Parodontopathie resultieren, bei der durch Taschenbildung und durch die in der Tasche vorhandenen Mikroorganismen einer Zementkaries Vorschub geleistet wird (HARNDT, 1955).

Liegt die Zementoberfläche frei, so soll sie von einem Zementoberhäutchen, das dem Zahn- oder Schmelzoberhäutchen entspricht, bedeckt sein. Als erstes Stadium einer Zementkaries soll eine durch Bakterien ausgelöste Quellung und Durchsetzung dieser Kutikula stattfinden. Nach Ablösung des Zementoberhäutchens soll eine Invasion von Mikroorganismen in das Zement erfolgen (MEYER, 1951; PILZ, 1960; WANNENMACHER, 1968, u.a.) FÜRER (1934) betrachtet dagegen das Zementoberhäutchen, das eine Verhornung aufweisen soll, als guten Schutz gegen eine Karies.

Zu einer sekundären Zementkaries im Gegensatz zur oben beschriebenen primären Form kommt es dann, wenn eine Dentin-

karies das Wurzelentin erreicht hat und von dort retrograd zu einer Zerstörung des Zementes führt.

2.4.2. Verlauf der Karies im Faserzement

Nach MEYER (1951), PILZ (1960), FÜRER (1934), WANNENMACHER (1968) u.a. gestaltet sich der weitere Ablauf der Karies folgendermaßen:

Im Faserzement zeigen sich als erste Folgen der kariösen Läsion zunächst Entkalkungserscheinungen an den Ansatzstellen der Sharpey'schen Fasern und ein Eindringen der Mikroorganismen in die benachbarten Saftlücken, wobei mit den Saftlücken die Kanäle der unverkalkten Sharpey'schen Fasern und der senkrecht dazu verlaufenden kollagenen Fibrillen gemeint sind. Da das Zement besonders in den oberen Wurzelanteilen sehr dünn und meist nur einschichtig vorhanden ist, wird die Zement-Dentin-Grenze sehr schnell erreicht. Entlang dieser Grenze, die besonders reich an organischer Substanz ist und demnach einen guten Nährboden für die Mikroorganismen darstellt, breiten sich die Mikroorganismen aus und unterminieren so das Zement. Es kommt dann zu einer retrograden Zerstörung des Zementes, wobei meist Zementteile schalig abbrechen oder abgehoben werden, ohne völlig zerstört zu sein. MEYER (1932) und in jüngster Zeit auch FISCHER (1972) sehen den Verlauf

des kariösen Prozesses im Faserzement analog zum Verlauf der Dentinkaries. Da nach ihrer Meinung die Sharpey'schen Fasern in Kanälen liegen und unverkalkt sind, folgern sie, daß sich die Karies über diese als Invasionsstraßen ausbreitet. Es heißt bei FISCHER (1972): "Dem Bewuchs dieser Kanäle folgt die Entkalkung der Grundsubstanz, die dann die völlige Auflösung der Grundsubstanz nach sich zieht". Auch die parallel zur Oberfläche im Zement verlaufenden kollagenen Fibrillen sollen dem Prozeß Vorschub leisten, wobei es zu schaligen Abhebungen ganzer Zementschichten kommen soll. GOTTLIEB (1947) erwähnt, daß das Zement Eigenschaften besitzt, die denen des Sekundärdentins ohne Dentinkanälchen entsprechend sind, so daß die Karies nur Lage um Lage vordringen kann, bis sie das Dentin erreicht. An freiliegenden Zementoberflächen, die seiner Meinung nach wegen ihres relativ hohen Anteils an organischen Substanzen wenig kariesresistent sein müßten, sah er des öfteren Braunverfärbungen, wobei nur kleine Bezirke kariösen Zementes zu finden waren. Dies ist nach seinen Vermutungen auf eine Schutzfunktion des Speichels zurückzuführen, die dann eine Rolle spielt, wenn etwa ab dem zwanzigsten Lebensjahr die anatomische Wurzel des Zahnes die Basis des Sulcus passiert und so Teile der Wurzeloberfläche freiliegen.

Auch MEYER (1951) und PILZ (1960) betonen den langsamen Verlauf der Karies im Faserzement, was sie darauf zurück-

führen, daß das Zement glatte Oberflächen ohne Fissuren besitzt. Außerdem wird von ihnen der Effekt einer guten mechanischen Reinigung durch Bürsten hervorgehoben, wodurch die Karies nur langsam fortschreiten oder aber durch Wegputzen des erweichten Gewebes zum Sistieren gelangen soll. Statt der ursprünglichen Karies bietet sich dann das Bild eines keilförmigen Defektes.

Als sehr selten auftretende Form der Karies im Faserzement sei hier noch die Zementkaries des Milchgebisses genannt. Auch im Milchgebiß entwickelt sich die primäre Zementkaries nur, wenn cervikale Wurzelanteile freiliegen. Charakteristisch für das Bild der Zementkaries im Milchgebiß ist nach HARNDT (1950) eine im Dentin auftretende Transparenz sowie die Sekundärdentinbildung.

2.4.3. Verlauf der Karies im Osteozement

Nach MEYER (1951), WANNENMACHER (1968) u.a. nimmt im Osteozement der kariöse Prozeß zunächst seinen Verlauf über die Zementkanälchen. Er erfolgt ein Tiefenwachstum der Mikroorganismen in die Zementkanälchen, die dann, wenn sie die Zementhöhlen oder Zementzellen erreicht haben, von dort rückläufig die untereinander anastomosierenden Zementkanälchen infizieren. Die weitere Zerstörung des

Zementes soll in Form von Entkalkung und Freilegung des Fasergerüsts der Grundsubstanz erfolgen. Da das Osteozement in mehreren Lagen oder Lamellen aufliegt, soll es zu einem Abblättern oder Abbrechen dieser einzelnen Lamellen, zum Teil aber auch zur vollständigen Erweichung des Zementes kommen. Liegen Teile der Wurzeloberfläche frei, die vom Osteozement bedeckt sind, so soll sich auch auf diesen eine Zementkutikula bilden. Analog zum Verlauf der Karies im Faserzement soll es nach Zerstörung der Kutikula zu einer Invasion der Mikroorganismen in das Osteozement kommen (FÜRER, 1934).

2.5. Zement im elektronenmikroskopischen Bild

Erst in neuerer Zeit wurde es möglich, mit Hilfe des Elektronenmikroskopes weiterführende und detaillierte Aussagen über den Aufbau des Zahnzementes zu machen.

2.5.1. Faserzement im elektronenmikroskopischen Bild

HERTING (1962) konnte anhand elektronenmikroskopischer Untersuchungen des normalen Zementes folgende Beobachtungen machen: zellfreies Zement liegt dem gesamten Wurzeldentin auf. Die organische Zementgrundsubstanz setzt sich zusammen aus kollagenen Fibrillen und einer homogen erscheinenden Kittsubstanz. Charakteristisch für die kollagenen Fibrillen ist deren Querstreifung. Der Verlauf dieser Fibrillen ist unterschiedlich, er kann gerade, wellenförmig, leicht geschwungen oder stärker abgelenkt sein. Sie treten einzeln, in Gruppen oder als Bündel auf. Als solche gebündelte Fibrillen sind auch die Sharpey'schen Fasern anzusehen. Sie zeigen einen runden Querschnitt und sind zirkulär oft von einzelnen Fibrillen umgeben. Im Faserzement ist ihr Verlauf meist parallel zueinander und senkrecht zur Oberfläche. AWAZAWA (1963) deutet auch Fasern, die parallel zur Wurzeloberfläche verlaufen, als Sharpey'sche Fasern. Nach HERTING (1962) und SELVIG (1965) sind die kollagenen Fibrillen so verteilt, daß sie die Sharpey'schen

Fasern kreuzen. Außerdem konnte HERTING (1962) nachweisen, daß die Sharpey'schen Fasern erst in den mittleren und peripheren Schichten des Zementes anzutreffen sind, nicht jedoch in Bereichen, die nahe am Dentin liegen. Innerhalb des Zementes betrachtet er sie als Bestandteile der organischen Grundsubstanz.

TONGE und BOULT (1958) konnten in ihren Untersuchungen des Kollagens im Zahnzement zeigen, daß die Querstreifung der Fibrillen die für Kollagene typische Frequenz von $640 \text{ \AA}$ hatte und konnten breite Fibrillenbündel von 1000 bis 1500 μ Durchmesser ausmachen.

Bei vergleichenden Untersuchungen der Ultrastruktur des zellfreien und des zellhaltigen Zementes konnte SELVIG (1965) Unterschiede in Verlaufsrichtung und Dicke sowie im Verkalkungsgrad der Fasern der organischen Matrix aufzeigen. Er stellte fest, daß im zellfreien Zement die Sharpey'schen Fasern dicht zusammengepackt und verkalkt sind. Nur in einer 10 - 15 μ breiten Zone war eine unvollständige Mineralisation der Fasern zu erkennen.

NARENDAR et al. (1951) fanden mittels mikroradiographischer Untersuchungen, daß zellfreies Zement stärker mineralisiert ist als zellhaltiges. Aussagen über die chemische Struktur der anorganischen Anteile des Zementes konnten anhand der elektronenmikroskopischen Abbildungen nicht gemacht werden.

Elektronen- und Röntgenbeugungsuntersuchungen zeigten jedoch, daß die Kristalle des Zementes aus Hydroxylapatit bestehen.

2.5.2. Osteozement im elektronenmikroskopischen Bild

In lichtmikroskopischen Untersuchungen des Osteozementes wird immer wieder auf die Ähnlichkeit der Strukturen von Osteozement und Knochen hingewiesen (WALKHOFF, 1924; MEYER, 1932 u.a.). Diese Beobachtung wurde im wesentlichen durch elektronenmikroskopische Untersuchungen bestätigt. So beschreiben DREYFUSS und FRANK (1964) die Ähnlichkeit von Zement und jungem Alveolarknochen. Sie bestätigen, daß die Zementocyten durch ein System von Kanälchen, in denen die Fortsätze der Zementzellen verlaufen, untereinander in Verbindung stehen, ähnlich den Osteocyten und den VOLKMANN'schen Kanälen im Knochen. Diese Kanälchen reichen bis an die Oberfläche des Zementes. Die lichtmikroskopische Beobachtung von HELD (1951), daß dieses kanalikuläre System auch mit den Dentinkanälchen in Verbindung steht, konnte durch HERTING (1962) nicht bestätigt werden.

Die lamelläre Struktur des Osteozementes läßt sich nach TAKUMA (1957) auf die verschiedene Verlaufsrichtung der Fasern im Zement zurückführen. Im gleichen Sinne beschreiben FRANK und NALBANDIAN (1963) die Anordnung einzelner

Fibrillengruppen und ihre gegenseitige Zuordnung als hauptsächlich für den lamellär erscheinenden Aufbau des Osteozementes.

Der Grad der Mineralisation in den einzelnen Lamellenschichten wird unterschiedlich beurteilt. DREYFUSS und FRANK (1964) wiesen nach, daß die peripheren Schichten des Zementes stärker mineralisiert sind als die inneren Lamellen.

Auch über den Grad der Mineralisation der Sharpey'schen Fasern bestehen unterschiedliche Ansichten. Folgte man aus lichtmikroskopischen Untersuchungen (MEYER, 1932), daß der Grad der Mineralisation nicht einheitlich sei, so wies SELVIG (1965) nach, daß die Sharpey'schen Fasern meist vollständig mineralisiert sind. Unverkalkte Faserstrukturen, die in Dünnschliffen und Mikroröntgenogrammen beschrieben wurden, sieht SELVIG als "Wiedergabe des unverkalkten Kerns und nicht der ganzen Faser" an.

2.5.3. Die Zement-Dentin-Grenze im elektronenmikroskopischen Bild

Die Form der Zement-Dentin-Grenze bezeichnet HERTING (1962) als glatt oder leicht gewellt und als deutlich erkennbar. Es handelt sich um eine direkte Aneinanderlagerung der

beiden gut zu unterscheidenden Gewebe. In einer vergleichenden Untersuchung konnte HERTING (1964) zeigen, daß die Fibrillen im Zement eine völlig andere Lagebeziehung zueinander haben als im Dentin. Während im Dentin eine meist nicht parallele Lagerung und enge gegenseitige Verflechtung der einzelnen Fibrillen zu beobachten ist, liegen im Zement die kollagenen Fibrillen fast parallel und immer zu mehreren nebeneinander.

Das elektronenmikroskopische Bild vom Aufbau des Zementes stellt in einigen wichtigen Details eine wesentlich exaktere und bessere Grundlage dar, welche zu anderen Deutungen des Verlaufs einer Zementkaries führt.

Diese sollen mit den Ergebnissen dieser Arbeit aufgezeigt und diskutiert werden.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Material

Die hier untersuchten Zähne stammen von Patienten im Alter von 35 bis 70 Jahren. Sie wiesen klinisch einen kariösen Defekt oder zumindest eine Braunverfärbung des Zementes auf und gelangten meist aus prothetischen Gründen zur Extraktion. Bei der Extraktion wurde besonders darauf geachtet, daß keine Verletzungen des zu untersuchenden Gebietes verursacht wurden.

3.2. Methode

Im Anschluß an die Extraktion wurden die Zähne in 5 %iger Glutaraldehydlösung für mindestens 6 Stunden bei 4 ° C fixiert. Zur weiteren Aufbereitung wurden die Zähne mit physiologischer NaCl-Lösung gewaschen und anschließend in ein Phosphatpuffergemisch von pH 7,2 bis 7,4 überführt. Nach 18 Stunden erfolgte eine zweistündige Nachfixierung in veronalacetatgepufferter isotonischer OsO_4 -Lösung von pH 7,2 und danach wieder eine Auswaschung in physiologischer NaCl-Lösung. Nach stufenweisen Entwässerung in einer Alkoholreihe aufsteigender Konzentration
5 Minuten in 50 %igem Alkohol,
5 Minuten in 75 %igem Alkohol,

5 Minuten in 95 %igem Alkohol,
2 mal 10 Minuten in absolutem Alkohol,
1 mal 30 Minuten in absolutem Alkohol
wurden sie 3 mal 30 Minuten mit Styrol überspült.
Dann wurden die Präparate für eine Stunde in eine Mischung
aus Styrol und Mikropal im Verhältnis 1 : 1 gebracht, wo-
bei der Lösung Aktivator und Katalysator beigelegt waren.
Danach wurden sie für weitere 24 Stunden in reinem Mikropal
(+ Katalysator + Aktivator) aufbewahrt.

Hierauf wurden die Präparate in mit Mikropal (+ Katalysator
+ Aktivator) gefüllte Eiskübelchen eingebettet. Die Luft
wurde evakuiert und jeweils Mikropal nachgefüllt. Nach
12- bis 36-stündiger Polymerisation im Trockenschrank bei
60 ° C konnten die in den Mikropalblöcken eingebetteten
Zähne mittels einer Steinschneidemaschine in 0,6 mm dicke
Scheiben geschnitten werden. Die Schnittführung erfolgte
parallel zur Längsachse der Zähne. Die Scheiben wurden
vorsichtig mit der Schere oder Rasierklinge beschnitten,
in Gelatinekapseln aufgestellt und wieder in Mikropal ein-
gebettet. Nach Erhärtung des Mikropals konnte die Gelatine-
hülle entfernt und das Präparat in einen Präparatehalter
eingeschraubt werden.

Unter dem Lichtmikroskop wurden die zu untersuchenden
Stellen markiert. Mit der Rasierklinge oder mit Feinfeilen
wurde das Präparat so angespitzt, daß die vorher markierte

Stelle in der Spitze einer stumpfwinkligen Pyramide lag. Der Vorgang des Anspitzens verlief unter ständiger lichtmikroskopischer Kontrolle.

Da bei dieser Arbeitsweise das Präparat nicht immer komplett durchsichtig und damit nicht mehr überschaubar blieb, wurde bei einigen Zähnen nach dem Überspülen mit Styrol zur Einbettung auch Metacrylat im Mischungsverhältnis 8 : 1 verwendet. Dieses Einbettungsmaterial hatte jedoch den Nachteil, erheblich weicher zu sein als das Mikropal.

Von diesen so vorbereiteten Präparaten wurden mit einem Ultratom (Type 4801) Ultradünnschnitte von ca. 400 Å Stärke hergestellt. Sie wurden auf der Messeroberfläche von 20 %igem Alkohol aufgefangen, mit Chloroform gestreckt und auf formvarbefilmte Netze aus Kupfer von 2 mm Durchmesser und einer Maschenweite von 90 µ aufgetragen. Die elektronenmikroskopische Untersuchung wurde mit einem Elektronenmikroskop der Firma SIEMENS & HALSKE (ELMISKOP I A) bei einer Strahlspannung von 80 kV durchgeführt.

4. E R G E B N I S S E

Der Beschreibung der einzelnen Untersuchungsergebnisse über die Zementkaries soll zunächst das elektronenmikroskopische Bild des normalen Faserzementes im Vergleich zum lichtmikroskopischen Bild vorangesetzt werden.

Ging man bisher bei der Betrachtung des lichtmikroskopischen Bildes von der Ansicht aus, daß das Zement sich aus drei Komponenten zusammensetzt, nämlich aus einer Grund- bzw. Kittsubstanz, in die die "Kalksalze" eingebettet sind, den parallel zur Oberfläche verlaufenden kollagenen Fibrillen und den senkrecht zur Oberfläche angeordneten Sharpey'schen Fasern, so läßt das elektronenmikroskopische Bild andere Aussagen über den Aufbau des Faserzementes zu. Deutlich erkennbar sind faserartige Strukturen, die umgeben von einer Vielzahl von Kristallen eine annähernd parallele Ausrichtung haben und so das Bild des Zementes durch eine gewisse Faserung prägen (Abb. 1). Es handelt sich bei diesen Faserstrukturen um quergestreifte kollagene Fibrillen eines Typs mit unterschiedlichen Anordnungen und Verlaufsrichtungen. Daraus folgt, daß die im lichtmikroskopischen Bild als Sharpey'schen Fasern bezeichneten Anteile des Zementes kein eigenes Element darstellen, sondern nur ein in bestimmter Weise formierter Teil der kollagenen Fasern sind. Sie sind mehr bündelartig angeordnet und haben eine

etwa senkrecht zur Wurzeloberfläche verlaufende Richtung (Abb. 2 und 3).

Entkalkt man das Zement, so lassen sich deutlich die quergestreiften kollagenen Fibrillen in ihren verschiedenen Verlaufsrichtungen als organische Matrix erkennen (Abb. 4 und 5).

Kanäle, in denen die Sharpey'schen Fasern verlaufen - eine Aussage, die anhand des lichtmikroskopischen Bildes oft gemacht wurde - wurden nicht beobachtet. Die Zement-Dentin-Grenze ist deutlich gekennzeichnet durch die unterschiedliche Verlaufsrichtung und Anordnung der kollagenen Fibrillen, fast parallel im Zement, im Dentin dagegen nicht parallel, sondern gegenseitig verflochten (Abb. 6).

Die Oberfläche des Zementes erscheint wellenförmig oder leicht gezackt (Abb. 7).

Liegt als Folge einer Auflösung der Fasern des Desmodontes durch lytische Prozesse die Zementoberfläche frei, wie es bei den hier untersuchten Zähnen der Fall war, ist die Voraussetzung für einen kariösen Prozeß gegeben. Bei einer Vielzahl von Schnitten war die Auflagerung einer Plaque auf das Zement zu erkennen (Abb. 8). Breite der Plaqueschicht und Anzahl der darin vorhandenen Mikroorga-

nismen waren in den verschiedenen Präparaten unterschiedlich. Bei den Mikroorganismen handelt es sich vorwiegend um solche kokkoider Form. Zwischen Plaque und Zement ließ sich in einigen Präparaten eine homogene Schicht erkennen, welche in der Literatur als Zementoberhäutchen beschrieben wird (Abb. 9). Die Dicke dieses Zementoberhäutchens ist uneinheitlich. Einmal erscheint es lakunenförmig durch Mikroorganismen verschmälert, zum anderen ist es an manchen Stellen überhaupt nicht vorhanden, und die Mikroorganismen sind dem Zement direkt aufgelagert (Abb. 10 und 11). Die darunter liegende oberste Zementschicht zeigt an einigen Stellen eine Auflockerung ihrer Struktur, was im Sinne einer Demineralisation zu deuten ist. Die Zonen dieser Demineralisation sind nicht nur im Zusammenhang mit direkt aufgelagerten Mikroorganismen (Abb. 11), sondern auch unter einem noch vorhandenen Zementoberhäutchen zu finden (Abb. 12 und 13).

Die Demineralisation scheint nicht nur die obersten Schichten des unter der Plaque gelegenen Zementes zu betreffen, sondern sich auch in tieferen Schichten, d.h. in Tiefen von etwa 2 μ in unterschiedlichem Maße zu vollziehen (Abb. 13).

Dieses Bild läßt sich jedoch nicht für die gesamte unter der Plaque gelegene Zementschicht vereinheitlichen. Es

zeigt sich vielmehr in Abwechselung mit Zonen, welche bis in ihre obersten Schichten keine oder nur eine geringe Demineralisation erfahren haben (Abb. 13). Diesem Prozeß folgt offenbar eine Auflösung der organischen Matrix, so daß sich auf breiter Front ein wechselhaftes Bild mit teils intaktem Zement, teils in unterschiedlichem Grad demineralisiertem Zement und zum Teil bereits aufgelösten Zementschichten bietet. Auf diese Weise scheint der kariöse Prozeß rasch das Zement zu durchqueren und das Dentin zu erreichen. So ergab sich bei unseren Untersuchungen an Zähnen, die klinisch eine Zementkaries aufwiesen, immer wieder das typische Bild einer Dentinkaries mit den obliterierten Dentinkanälchen (Abb. 14), dem Auftreten von Whitlockit Kristallen (Abb. 15 und 16) und einer Auflösung des Dentins (Abb. 17).

Neben dieser Verlaufsform der Zementkaries, bei der eine fortschreitende Demineralisation mit anschließender Auflösung der organischen Substanzen des Zementes im Vordergrund steht, konnten in anderen Fällen Remineralisationsvorgänge im Zement beobachtet werden. Diese Remineralisationsvorgänge sind charakterisiert durch eine elektronendichtere Zementschicht, deren Oberfläche zur Plaque hin große und unterschiedlich geformte Kristalle aufweist (Abb. 18). Die Kristalle sind dem Zement zum Teil direkt aufgelagert, ohne daß eine Abgrenzung zu ihm erkennbar ist, zum anderen sind sie in Büscheln oder auch einzeln dem

Zement vorgelagert. Schließlich sind einige Kristalle isoliert in der Plaque liegend anzutreffen (Abb. 19). Diese Remineralisationsvorgänge sind jedoch nicht durchgehend an der gesamten Zementoberfläche in den betreffenden Schnitten zu beobachten. Neben breiten Zonen mit deutlichen Remineralisationserscheinungen sind solche demineralisierten Zementes zu sehen (Abb. 20). Eine anschließende Rekristallisation der demineralisierten Zonen erscheint möglich.

Unter einer mineralisierten Plaque schließlich zeigt die Zementoberfläche noch ein anderes Bild. Es sind keine Vorgänge von De- oder Remineralisation zu erkennen. Vielmehr scheint der Grad der Mineralisation in der obersten Zementschicht und in der aufliegenden Plaque einheitlich zu sein, so daß die Grenze zwischen beiden fließend erscheint (Abb. 21 und 22). Diese Verbindung zwischen Plaque und Zement ist mitunter so fest, daß bei einzelnen Schnitten sich eher das Zement vom Zement löste als die Plaque. In der Plaque sind deutlich noch die Formen der mineralisierten Mikroorganismen zu erkennen (Abb. 22).

Die obengenannten Beobachtungen von De- oder Remineralisationsvorgängen im Zement bestimmen zwar jeweils überwiegend das Bild einzelner Präparate, lassen jedoch keine Schematisierung des Verlaufs der Zementkaries zu. Vielmehr scheinen sich diese Vorgänge nicht nur in einem zeitlichen Nach-

einander, sondern auch in einem zeitlichen und räumlichen Nebeneinander zu vollziehen.

Welche Faktoren im einzelnen dafür verantwortlich sein können, soll anschließend diskutiert werden.

4.1. Abbildungen

OV = Originalvergrößerung

Abb. 1: Normales Faserzement. Kollagene Fasern hauptsächlich in Längsrichtung angeschnitten.

OV = 33.000 : 1

Abb. 2 und 3: Sharpey'sche Fasern teilweise längs und teilweise quer angeschnitten. Sie zeichnen sich durch ihre bündelartige Anordnung aus. Deutlich erkennbar die Querstreifung von kollagenen Fasern.

Abb. 2 OV = 17.000 : 1

Abb. 3 OV = 8.000 : 1

Abb. 4 und 5: Entkalktes Zement. Typische Querstreifung der kollagenen Fibrillen.

Abb. 4 OV = 10.000 : 1

Abb. 5 OV = 12.500 : 1

Abb. 6: Zement-Dentin-Grenze. Parallele Verlaufsrichtung der Fibrillen im Zement, sich vielfach kreuzende und unregelmäßige Verlaufsrichtung im Dentin.

OV = 8.000 : 1

Abb. 7: Unveränderte Zementoberfläche mit wellenförmigem oder leicht gezacktem Verlauf.

OV = 30.000 : 1

Abb. 8: Breite, nicht mineralisierte Bakterienplaque auf z.T. demineralisiertem Zement. Kokkoide Form der Mikroorganismen.

OV = 3.000 : 1

Abb. 9: Zwischen Zement und Plaque liegende homogene Schicht Sog. Zementoberhäutchen.

OV = 14.000 : 1

Abb. 10: Zementoberhäutchen in wechselnder und unregelmäßiger Breite. Lakunenförmige Einbuchtungen mit Mikroorganismen.

OV = 10.000 : 1

Abb. 11: Unterbrochenes Zementoberhäutchen. Mikroorganismen dem Zement direkt aufgelagert.

OV = 18.000 : 1

Abb. 12: Demineralisiertes Zement unter noch vorhandenem Zementoberhäutchen.

OV = 10.000 : 1

Abb. 13: Teilweise demineralisiertes Zement unter noch vorhandenem Zementoberhäutchen. Demineralisation auch in tieferen Schichten des Zementes.

OV = 14.000 : 1

Abb. 14: Obliteriertes Dentinkanälchen.

OV = 15.000 : 1

Abb. 15: Whitlockit Kristalle in einzelnen Dentinkanälchen.

OV = 4.000 : 1

Abb. 16: Dentinkanälchen mit Whitlockit Kristallen.

OV = 15.000 : 1

Abb. 17: Dentinkaries mit Invasion von Mikroorganismen und Auflösung des Dentins auf breiter Front. .

OV = 7.000 : 1

Abb. 18: Remineralisation in oberflächlicher Zementschicht. Große, unterschiedlich geformte Kristalle in dichten Lagen und z.T. auch einzeln liegend erkennbar.

OV = 15.000 : 1

Abb. 19: Remineralisation des Zementes. Büschelförmige Anordnung der Kristalle. Einzelne Kristalle isoliert in der Plaque liegend dem Zement vorgelagert.

OV = 18.000 : 1

Abb. 20: De- und Remineralisation des Zementes in unmittelbarer Nachbarschaft.

OV = 21.000 : 1

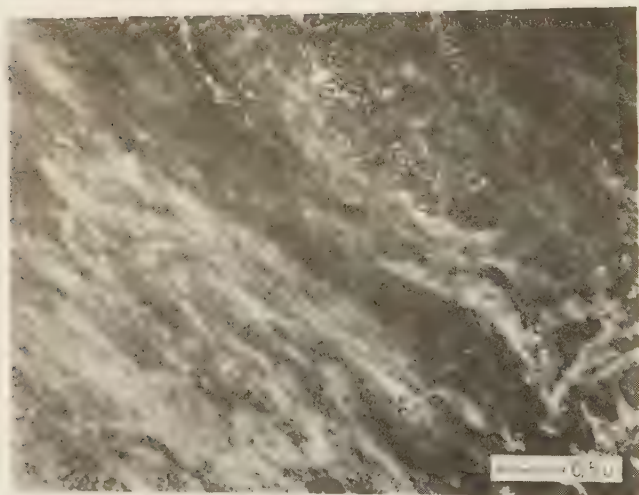
Abb. 21: Mineralisierte Bakterienplaque. Feste Verbindung
der Plaque mit dem Zement. Grad der Mineralisation
in Plaque und Zement erscheint einheitlich.

OV = 4.000 : 1

Abb. 22: Mineralisierte Plaque. Form der Mikroorganismen
noch erkennbar.

OV = 14.000 : 1

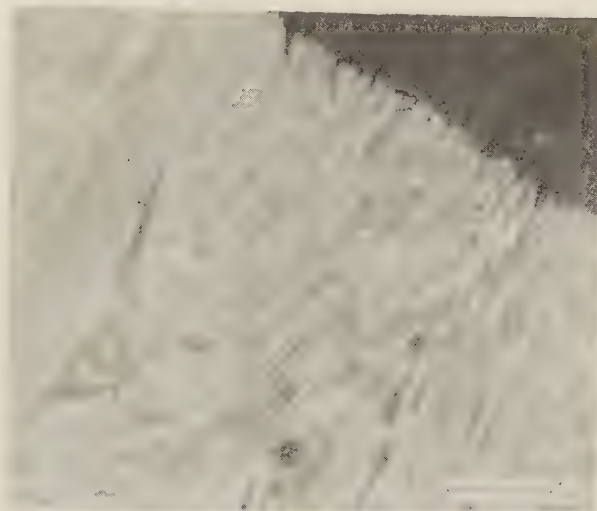




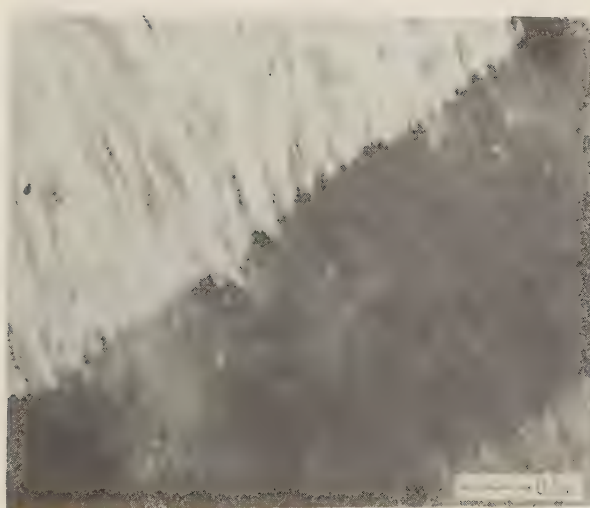
2



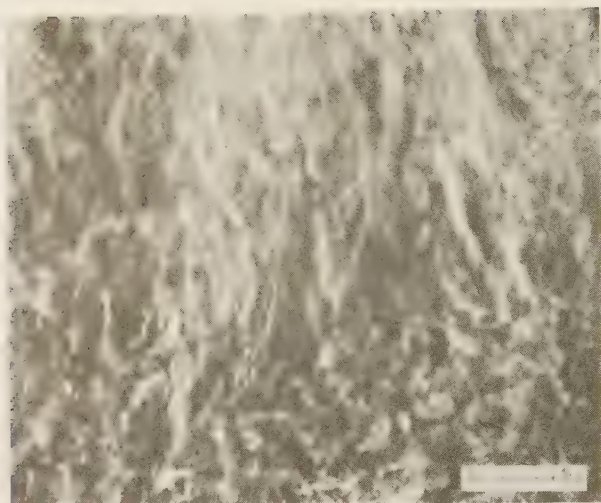
3



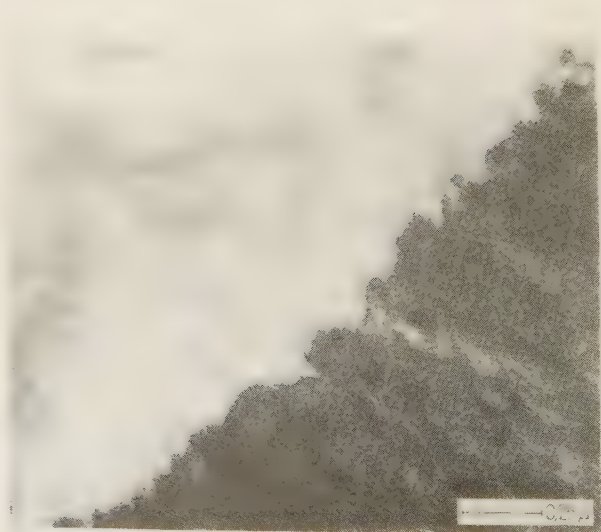
4



5



6



7



8

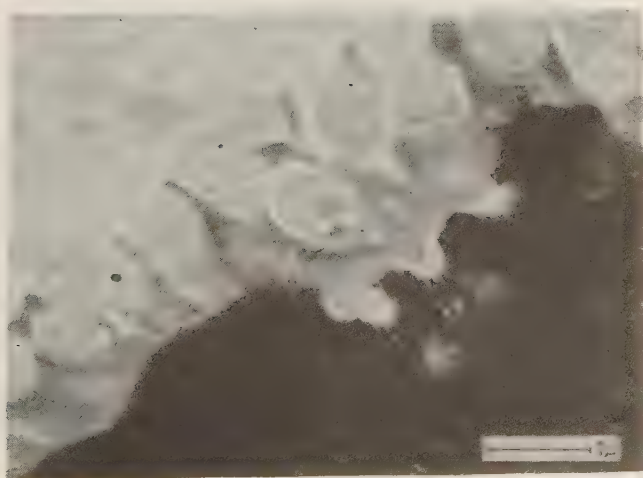


9

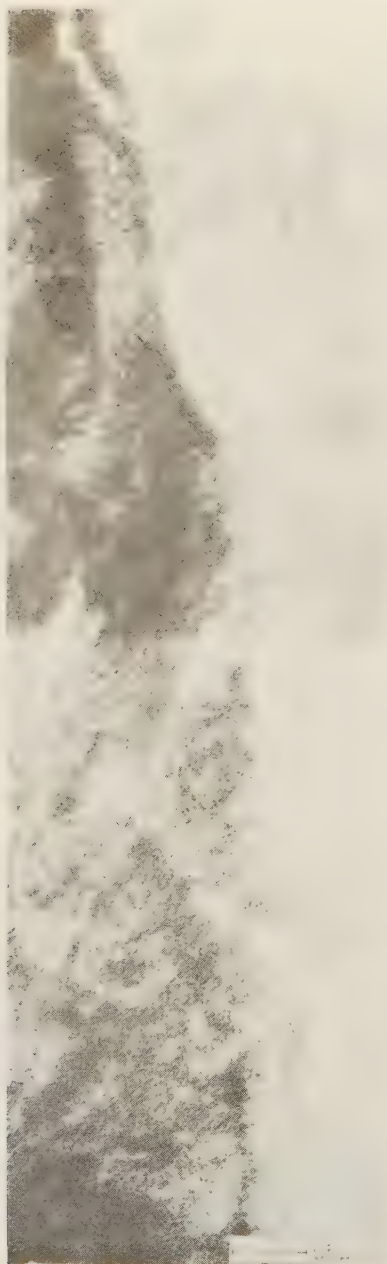




11



12





14



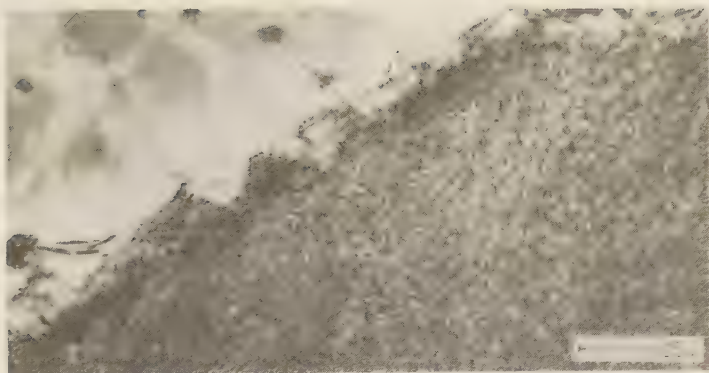
15



16



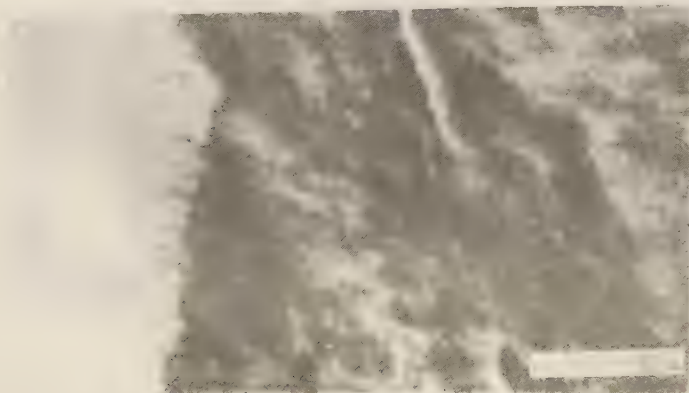
17



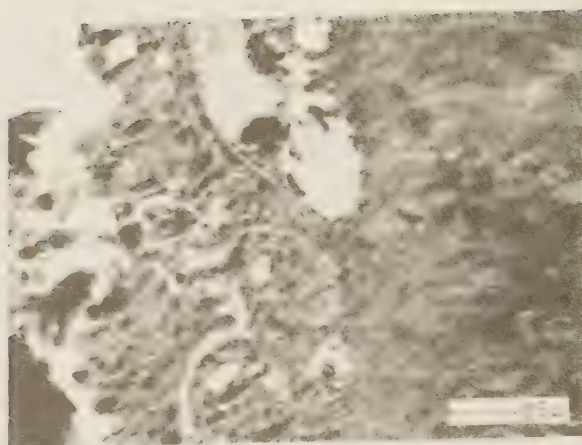
18



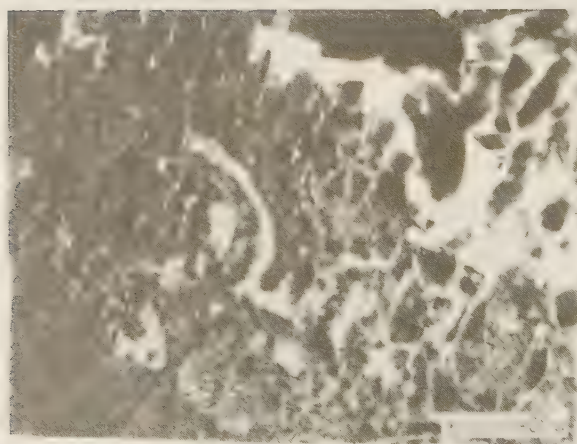
19



20



21



22

3. DISKUSSION

Die Behauptungen vieler Autoren über den Verlauf einer Zementkaries basieren auf den Beobachtungen der lichtoptischen Struktur des Zementes. Betrachtet man z.B. die von ELLER (1951) und WÄRTENMACHER (1963) veröffentlichten Bilder einer Zementkaries, so kommt man zu dem Schluß, daß diese lichtmikroskopischen Bilder von ihrer Vergrößerung her zeichnerische Über den Verlauf einer Zementkaries Aufschluß geben können. Zudem wird nicht in einer kontinuierlichen Bildfolge ihr Verlauf beschrieben, vielmehr hat man den Eindruck, daß einzelne Querschnitte zur Untermauerung bisheriger Kariestheorien herangezogen wurden. So ist auf keinem der veröffentlichten Bilder eine initiale Zementkaries zu erkennen, bzw. eine Quellung und Auflösung des Zementoberhäutchens, welche nach Ansicht von MAYER (1951), WÄRTENMACHER (1963) u.a. der Zementkaries vorausgehen soll. Obnehin läßt sich die Behauptung, daß dem Beginn einer Karies die Herstellung des Zementoberhäutchens vorausgehen muß, nicht mehr aufrechterhalten. So konnte LENZ (1970) in seinen elektronenmikroskopischen Untersuchungen die Struktur und auch die Funktion des Zahn- respektive Zementoberhäutchens aufklären. Danach handelt es sich bei dem Zementoberhäutchen nicht um eine vom Epithel abstammende einschichtige Membran, die die Zementoberfläche abschirmt und erst zerstört werden muß, bevor eine Karies beginnen kann, sondern um eine aus dem Speichel stammende viskös

kolloidale Schicht, so daß ein Stoffaustausch zwischen Mundhöhle und Zementoberfläche durchaus möglich ist.

In den vorliegenden Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß die Veränderungen im Zement im Sinne einer Demineralisation auch ohne vorherige Auflösung des Zementoberhäutchens vonstatten gehen können. Dies soll nicht besagen, daß unter einer Plaque das Zementoberhäutchen grundsätzlich erhalten bleibt, sondern nur, daß seine Auflösung einer Karies nicht vorangehen muß.

Als erste Folge einer kariösen Läsion im Zement wurden von MEYER (1951), WANNENMACIER (1968), FÜRER (1934) und PILZ (1960) zunächst Entkalkungserscheinungen an den Ansatzstellen der Sharpey'schen Fasern beschrieben. In unseren Untersuchungen jedoch konnten solche vorzugsweise demineralisierten Stellen nicht nachgewiesen werden. Vielmehr ließen sich neben völlig intakten Zonen des Zementes solche beobachten, welche Demineralisationserscheinungen in unterschiedlicher Ausdehnung und Tiefe zeigten. Daß bei einem kariösen Prozeß die organischen Strukturen als letztes aufgelöst werden, soll nicht in Frage gestellt werden, jedoch sind die Demineralisationsvorgänge nicht nur vornehmlich in der Nähe der kollagenen Fasern zu beobachten.

Die Annahme, daß die kariöse Läsion an den Ansatzstellen der Sharpey'schen Fasern beginnt, basiert hauptsächlich

auf der von MEYER (1951), FISCHER (1972) u.a. vertretenen Ansicht, daß die Sharpey'schen Fasern in Kanälen verlaufen. Daher ist es auch erklärlich, daß man bei der Zementkaries auf einen ähnlichen Verlauf schloß, wie man ihn bei der Dentinkaries beobachten konnte, d.h. ein Vordringen der Mikroorganismen in den Dentinkanälchen bzw. beim Zement in den Kanälen, in denen die Sharpey'schen Fasern liegen sollen.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen des Zementes ergaben jedoch ein anderes, von den bisherigen lichtmikroskopischen Auffassungen abweichendes Bild von den normalen Strukturen des Zementes. So konnte festgestellt werden, daß es sich bei den Sharpey'schen Fasern nicht um primäre Strukturen des Zementes handelt, sondern um kollagene Fasern, wie sie in allen Schichten des Zementes anzutreffen sind und sich lediglich durch ihre Verlaufsrichtung und Anordnung zu Bündeln auszeichnen. Kanäle, in denen diese Bündel liegen, existieren nicht. Aus diesem Grunde entbehren Deutungen über den nächsten Schritt im Verlauf der Zementkaries, wie er auch in neuesten Lehrbüchern von FISCHER (1972) beschrieben wird, wonach die Invasion der Mikroorganismen entlang den Kanälen der Sharpey'schen Fasern oder der Saftlücken, welche WANNENMACHER (1968) beschreibt, erfolgen soll, jeder Grundlage.

Vielmehr zeigen unsere Untersuchungen, daß die der Auflösung des Zementes vorangehende Demineralisation nicht an bestimmte Strukturen des Zementes gebunden ist. Die erwähnten Unterschiede in Tiefe und Ausdehnung einzelner Zonen der Demineralisation scheinen nicht auf strukturelle Unterschiede des Zementes in den betreffenden Regionen zurückzuführen zu sein, etwa in dem Sinne, daß entlang den zum Dentin hin verlaufenden kollagenen Fasern zunächst eine Demineralisation zu beobachten ist.

Warum dennoch völlig unverändert erscheinende Zonen des Zementes neben mehr oder minder demineralisierten gelegen sind, läßt sich nur dahingehend beantworten, daß die über der Zone der Demineralisation liegende Plaque ein wesentlicher Faktor für die Entmineralisierung zu sein scheint. Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen, daß die Verhältnisse innerhalb und unterhalb der Plaque bereits im Bereich weniger μ sehr unterschiedlich sein können und daß die Zonen von Demineralisation und Remineralisation in der Plaque und im darunter liegenden Zement eng beieinander liegen können (Abb. 20). Derartige Unterschiede konnten mit lichtoptischen Methoden nicht erfaßt werden.

Die der Zementoberfläche aufliegenden Mikroorganismen oder die Plaque können mineralisiert oder unmineralisiert sein. Es kann sich auf der Zementoberfläche Zahnstein bilden. Durch kariöse Vorgänge entstandene Defekte können durch

Mineralisation der in den Defekt eingedrungenen Plaque "repariert" werden, indem der Defekt durch Zahnstein ausgefüllt wird, wobei hier Zahnstein als mineralisierte Plaque zu verstehen ist (Abb. 21).

Die Verbindung des neugebildeten Materials mit der Zementoberfläche ist durch das Aufwachsen des Zahnsteins sehr fest. SCHLIEPE (1972) beobachtete bei seinen Untersuchungen über den subgingivalen Zahnstein ebenfalls eine außerordentlich feste Verbindung von Zementoberfläche und Zahnstein.

Ähnliche Vorgänge wie die Verwachsung von Zahnstein und anorganischen Substanzen, die aus dem Zement gelöst und rekristallisiert wurden, konnte auch HERTING (1967) in seinen Untersuchungen an parodontal erkrankten Zähnen feststellen. Auch YAMADA (1968) konnte eine derartige Beziehung zwischen Zementoberfläche und mineralisierter Plaque beobachten.

Besonders sei noch einmal hervorgehoben, daß die einzelnen Stufen von De- und Remineralisation im Zement fließende Übergänge zeigen.

Flächenhaft sich ausbreitende totale oder partielle Entmineralisierung und Invasion von Mikroorganismen entlang bestimmter Strukturen des Zementes in das Zement, wie sie im Dentin bei der Dentinkaries zu beobachten sind

(Abb. 15 und 17), konnten wir bei unseren Untersuchungen über die Zementkaries nicht finden. Dies ist verständlich, da im Zement präformierte Bahnen, wie sie die Dentinkanälchen im Dentin darstellen, nicht vorhanden sind. Jedoch sind Erscheinungen von partieller Demineralisation, wie sie in Abb. 12 zu beobachten sind, als kariöse Läsionen des Zementes zu betrachten.

Wie schon oben erwähnt, kann es zu reparativen Vorgängen kommen, wobei entstandene Defekte durch Zahnstein ausgefüllt werden. Das erklärt vielleicht auch die oft zu machende klinische Beobachtung, daß nach Entfernen von Zahnstein allgemein keine kariösen Läsionen des Zementes zutage treten. Die klinische Diagnose eines "gesunden" Zementes läßt daher auch keine Beurteilung darüber zu, ob das Zement in seiner ursprünglichen Dicke noch vorhanden ist. Bei einer beginnenden Zementkaries dürfte es daher so sein, daß durch das Entfernen der Plaque und der erweichten obersten Zementschicht, wie es bei intensiver Mundpflege durch Putzen möglich ist, jeweils gesunde Zementoberflächen freigelegt werden. Wiederholt sich dieser Vorgang des öfteren, so beobachtet man mit zunehmendem Substanzverlust klinisch letztlich keilförmige Defekte.

Überwiegen unter einer nicht mineralisierten Plaque die Vorgänge der Demineralisation im Zement, so erreicht der kariöse Prozeß bald das Dentin. Auch bei den unter-

suchten Präparaten, die eine klinisch diagnostizierte Zementkaries am Zahnhals aufwiesen, zeigte sich in den meisten Fällen, daß die freiliegenden Wurzelanteile nicht mehr vom Zement bedeckt waren, sondern daß die kariöse Läsion bereits im Dentin anzutreffen war und zu Veränderungen innerhalb der Dentinkanälchen geführt hatte.

6. Z U S A M M E N F A S S U N G

Es wurden elektronenmikroskopische Untersuchungen an Zähnen mit dem klinischen Bild einer Zementkaries vorgenommen. Hierbei zeigte sich, daß in den meisten Fällen eine klinisch diagnostizierte Zementkaries bereits eine Karies des Wurzelentins ist. In wenigen Fällen wurde tatsächlich eine Zementkaries gefunden. Aus ihnen läßt sich folgendes Bild vom Verlauf einer Zementkaries ableiten:

1. Der Verlauf der Zementkaries ist abhängig von dem Milieu der aufliegenden Bakterienplaque. Dabei können in jeder beliebigen Tiefe des Zementes alle Stadien von De- und Remineralisation vorkommen. Diese Vorgänge scheinen zeitlich und örtlich nebeneinander ablaufen zu können. Überwiegt die Demineralisation, so erreicht der kariöse Prozeß sehr schnell das Dentin. Überwiegen die Vorgänge der Remineralisation, so kommt es unter einer mineralisierten Plaque schließlich zu einem Sistieren des kariösen Prozesses.
2. Der kariöse Prozeß scheint nicht an bestimmte Strukturen des Zementes gebunden zu sein. Vielmehr betreffen die Vorgänge der Demineralisation mehr flächenhaft sowohl die Grundsubstanz als auch die kollagenen Fasern.

3. Die beiden genannten Beobachtungen führen zu dem Schluß, daß es in jeder Tiefe des Zementes zu einem Sistieren des kariösen Prozesses durch Remineralisation oder durch Entfernen des demineralisierten Zementes kommen kann.
4. Das Zementoberhäutchen stellt keinen Schutz gegen die Demineralisationsvorgänge dar. Ein gradueller Unterschied der Demineralisation unter vorhandenem Zementoberhäutchen und unter nicht vorhandenem läßt sich nicht erkennen.

7. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- AWAZAWA, Y. Electron microscopy of human cementum.
J.Nihon Univ.Sch.Dent.
5 , 127-137 (1963)
- BAUER, W. Traumatistische Schädigung des Zement-
mantels der Zähne.
Dtsch.Mschr.Zahnheilk. 45 , 779 (1927)
- DEWEY, K.W. Normal and pathological cementum
formation.
Dent.Cos. 560-585 (1926)
- DREYFUSS, F. et
R. FRANK Microradiographie et microscopie
electronique du cement humain.
Extr.Bull.Group.int.Rech.Sci.Stomat.
2 (1964)
- EULER, H. Karies des Zementes.
in: Port-Euler
Lehrbuch der Zahnheilkunde (6. Auflage)
Verlag J.F.Bergmann München
237 (1951)
- FALLER, A. Über den Vergleich der Faserstrukturen
im Zement normal durchgebrochener und
retinierter menschlicher Zähne.
Verh.d.Anat.Ges. 120-131 (1959)
Ergänzungsheft zum 106./107. Bd.d.
Anat.Anz. (1959)
- FISCHER, C.H. Zementkaries.
Endodontie
Buch- und Zeitschriftenverlag
"Die Quintessenz" Berlin
61 (1972)
- FRANK, R.M. and
J. NALBANDIAN Comparative aspects of development of
dental hard structures.
J.Dent.Res. 42 , 422-437 (1963)
- FÜRER, A.L. Beitrag zur Pathohistologie des Zement-
mantels und der Zement-Dentin-Grenze.
Med.Diss.Leipzig (1954)
- FURRER, B. Die Verkalkungszonen bei der Dentin-
karies.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 32 , 329-353
(1922)

- GOTTLIEB, B. Cementum caries: Structure of cementum
as compared with enamel and dentin.
Dental Caries
Lea and Febiger Philadelphia 189 (1947)
- HARNDT, E. Karies des Milchgebisses.
Zahn-Mund- und Kieferheilk. in Vorträgen
Heft 4
Carl Hanser Verlag München 104 (1950)
- HARNDT, E. Das Wesen der Zahnkaries.
Zahn- Mund- und Kieferheilk. Bd. 2
Herausgeber W.Meyer
Verlag Urban und Schwarzenberg München,
Berlin 325 (1955)
- HELD, A.J. Cementogenesis and the normal and
pathological structure of cementum.
Oral.Surg. 4 , 53-67 (1951)
- HERTING, H.C. Elektronenmikroskopische Untersuchungen
über die Histologie des normalen Zementes
der Wurzeln menschlicher Zähne.
Inaug.Diss.Berlin (1962)
- HERTING, H.C. Comparaison micromorphologique des trames
organiques du cément et de la dentine.
Extr.Bull.Group.int.Rech.Sci.Stomat.
7 , 353-360 (1964)
- HERTING, H.C. Elektronenmikroskopische Untersuchungen
an der Zementoberfläche normaler und
parodontal erkrankter menschlicher Zähne.
Abstr.J.Dent.Res. 46 , 1246pp. (1967)
Vortrag IADR,CED, Würzburg (1966)
- KEENAN, R.M. Formation of Sharpey fibers in the
absence of eruption and occlusal
mechanical stress.
IADR Progr. and Abstr. of Papers
44th General Meeting (1967)
Abstr.Nr. 177 p.82
- LENZ, H. Elektronenmikroskopische Untersuchungen
am Zahnoberhäutchen.
Habilitationsschrift Berlin (1970)
- LORBER, M. Untersuchungen über die histochemische
Reaktion des Zahnzementes und des
Alveolarknochens.
Anat.Res. 111 , 129-144 (1951)

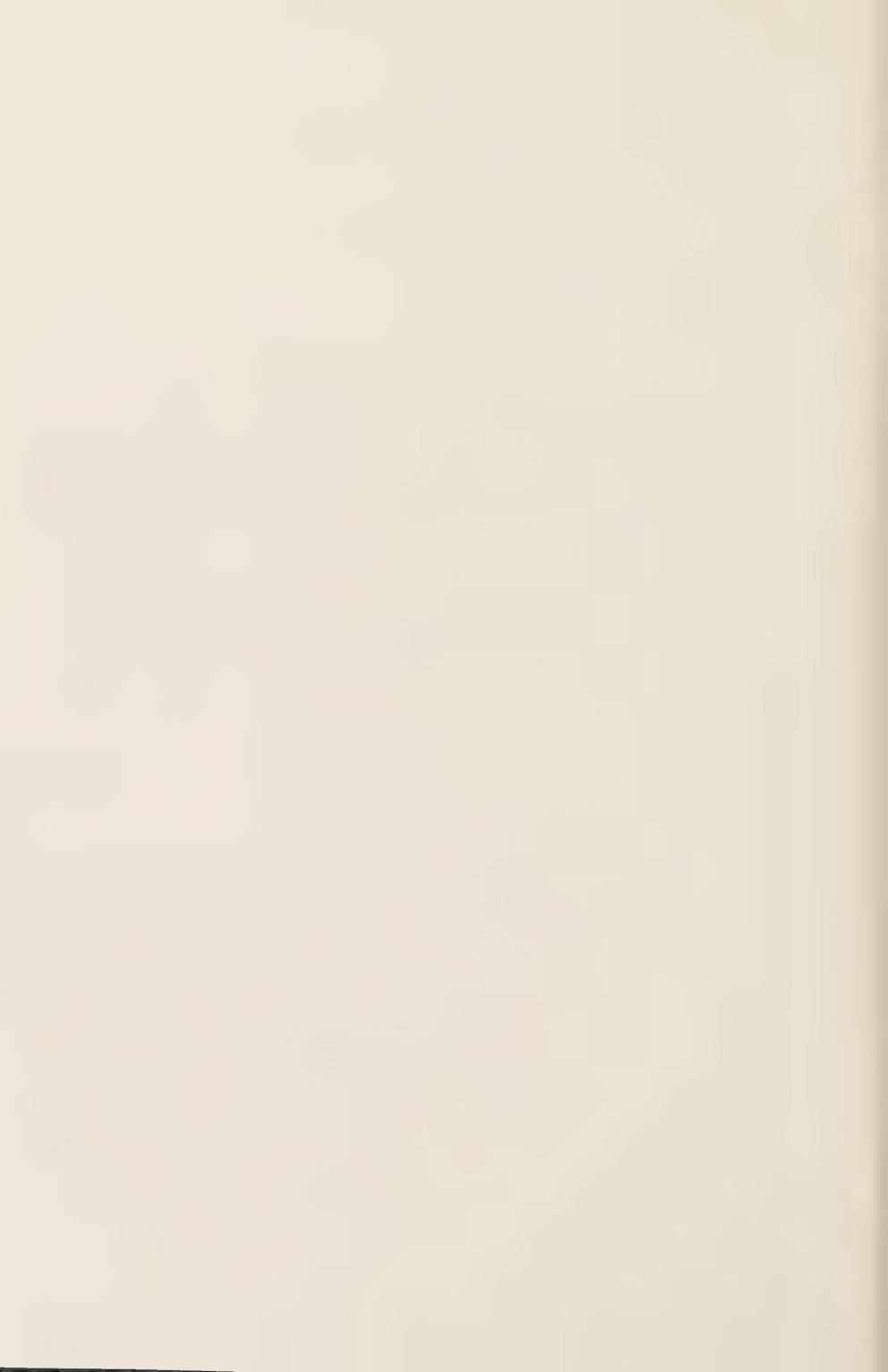
- MEYER, W. Lehrbuch der normalen Histologie und
Entwicklungsgeschichte der Zähne des
Menschen. Bd. 1
J.F. Lehmanns Verlag München 93 (1932)
- MEYER, W. Zahnkaries.
in: Port-Euler
Lehrbuch der Zahnheilkunde (6. Auflage)
Verlag J.F. Bergmann München 236 (1951)
- NARENDAR, N.
Soni and Grant
VAN HUYSEN Historadiographic and X-Ray densito-
metric study of human cementum.
J.Dent.Res. 40 , 692 (1951)
- PILZ, W. Zementkaries.
Grundlagen der Kariologie und Endodontie
C.Hanser Verlag München 268 (1960)
- SELVIG, K. The fine structure of human cementum.
Act.Odont.Scand. 23 , 432-441 (1965)
- SCHERBEL, H. und
W. SCHOENLAUK Leitfaden der normalen und patholo-
gischen Histologie der Zähne.
Verlag Hermann Meusser Berlin 27 (1922)
- SCHLIEPE, H.J. Elektronenmikroskopische Untersuchungen
über den subgingivalen Zahnstein.
Inaug.Diss.Berlin (1972)
- SHAMAMINE, F. Das sekundäre Zement.
Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen.
Nr. 13
Thieme Verlag Leipzig (1910)
- TAKUMA, S. Electron microscopy of dental tissues
by use of the replica method.
Dent.Abstr. 2 , 399-400 (1957)
- TONGE, C.H. and
E.H. BOULT Collagen in human cementum as shown
by electron microscopy.
Nature London 182 , 459-460 (1958)
- WALKHOFF, O. Die normale Histologie menschlicher
Zähne.
2.Aufl. Leipzig Felix Verlag 142 (1924)
- WANNENMACHER, E. Lehrbuch der klinischen Zahn-Mund- und
Kieferheilk. Bd. 2
Joh.Abr.Barth Verlag Leipzig
550ff und 626ff (1968)

YAMADA, N.

Fine structure of exposed cementum in
periodontal disease
Bull.Tokio med.dent.Univ. 15 , 409-434
(1968)

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle
Herrn Professor Dr. Hans Lenz für die Überlassung
des Themas. Seine reichhaltige Erfahrung und seine
Diskussionsbereitschaft waren mir eine große Hilfe.

Ebenso danke ich Frau Helga Adam für ihre Unter-
stützung bei den elektronenmikroskopischen Unter-
suchungen und bei den photographischen Arbeiten.



LEBENS LAUF

Am 6. März 1944 wurde ich als Tochter des Zahnarztes Edgar Behling und seiner Ehefrau Margarete, geb. Dudek, in Dahle/Altena geboren.

Meine Schulzeit verbrachte ich in Hagen/Westf., wo ich 1963 das Abitur ablegte.

Den vorklinischen Teil meines Studiums schloß ich mit der zahnärztlichen Vorprüfung an der Universität Münster ab. Den klinischen Teil des Studiums absolvierte ich an der FU Berlin, wo ich im Februar 1969 die zahnärztliche Prüfung ablegte.

Seit dieser Zeit arbeite ich als Assistentin in verschiedenen zahnärztlichen Praxen in Berlin.

